



Análisis de la calidad microbiológica de los Sistemas de Almacenamiento de Agua Potable, estudio de la situación actual en la ciudad de Rosario, en la República de la Argentina

Armengol Reñé Panadés

Tutores:

Dra. M.M. Hermida Lucena

Dr. Martí Boada

Cat.: Anàlisi de la qualitat microbiològica dels Sistemes d'Emmagatzematge d'Aigua Potable, estudi de la situació actual de la ciutat de Rosario, a la República de la Argentina.

En.: Analysis of the microbiological quality in Drinking Water Storage Systems, study of the current situation in the city of Rosario, in the Republic of Argentina

Resumen

La calidad microbiológica del agua puede variar muy rápidamente y en gran medida según las condiciones de almacenamiento, la situación actual en Rosario es desconocida. Se estudiaron cincuenta puntos de muestreo repartidos por el norte y centro este de la ciudad para cuantificar los niveles de desinfectante residual presente en los SAAP de las edificaciones seleccionadas. Conocidos los datos diez reservorios de los cuarenta i seis que se encontraron con niveles de desinfectante por debajo de 0,2 mg/l Cl Libre Residual, fueron seleccionados para el estudio microbiológico. Los resultados reflejaron la existencia de contaminación de origen fecal en cinco de los diez tanques muestreados, constatando que existe una problemática asociada a la calidad microbiológica del agua en la ciudad de Rosario. A raíz de la observaciones realizadas se constató la influencia que tiene el mantenimiento y estado de los reservorios con los resultados, aún así no fue posible conocer la procedencia y origen de la contaminación, y si la situación encontrada es un reflejo real de la situación de la ciudad.

Palabras clave

Agua potable, calidad del agua, contaminación microbiológica, reservorios, tanques, depósitos, almacenamiento, *E. coli*, Argentina

Resum

La qualitat microbiològica de l'aigua pot variar molt ràpidament i en gran mesura segons les condicions d'emmagatzematge, la situació actual a Rosario es desconeguda. Es varen estudiar cinquanta punts de mostreig repartits pel nord y centre est de la ciutat per quantificar els nivells de desinfectant residual present en els SEAP de les edificacions seleccionades. Coneguts les dades deu reservoris d'aigua dels quaranta sis que es trobaren amb nivells de desinfectant residual per sota de 0,2mg/l Cl Lliure Residual, varen ser elegits per l'estudi microbiològic. Els resultats mostraren l'existència de contaminació d'origen fecal en cinc dels deu dipòsits mostrejats, constatant que existeix una problemàtica associada a la qualitat microbiològica de l'aigua en la ciutat de Rosario. Arran de les observacions realitzades es va constatar la influència que té el manteniment i estat dels reservoris amb els resultats, malgrat tot no va ésser possible conèixer la procedència i origen de la contaminació, i si la situació trobada és un reflex real de la situació de la ciutat.

Paraules clau

Aigua potable, qualitat, contaminació microbiològica, reservoris, dipòsits, emmagatzematge, *E. coli*, Argentina

Abstract.

Water microbiological quality can change very quickly and greatly depending on storage conditions, the Rosario current situation at the beginning it was unknown. Fifty sampling points located in the north and east of the city center were studied to quantify the levels of residual disinfectant present in the Drinking Water Storage Systems of the selected buildings. Ten of the reservoirs of the forty-six that were founded with levels of disinfectant below to 0,2mg/l Cl LR, they were selected for the microbiological study. The results showed the presence of faecal contamination in five of the ten sampled tanks, noting that there is a problem associated with the microbiological quality of water in the city of Rosario. With the observations it was verified the influence of the maintenance and condition of the reservoirs with the results, despite that it wasn't possible to know the origin and source of the contamination, and if the situation that was found is a true reflection of the real situation of the city.

Keywords

Drinking water, quality, microbiological contamination, reservoir, tank, storage, *E. coli*, Argentina

INTRODUCCIÓN

El agua esta contaminada cuando su composición se haya alterado de modo que no reúna las condiciones necesarias para ser utilizada beneficiosamente en el consumo del hombre y de los animales (WHO, 1992). La potabilidad microbiológica de un agua de consumo debe abordarse des de la óptica de su ausencia total de microorganismos de cualquier tipo y especialmente de microorganismos patógenos (Marín, 2003).

La contaminación del agua potable se da en los sistemas de distribución y almacenamiento (Torres,1991), el crecimiento bacteriano produce un deterioro del Índice de Calidad del Agua (ICA), modificando su sabor y olor aumentado su turbidez e incluso llegando a afectar su conformidad con las normas microbiológicas de calidad.

Los riesgos para la salud relacionados con el agua de consumo más comunes y extendidos son las enfermedades infecciosas ocasionadas por agentes patógenos como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Siendo la vía o mecanismo de transmisión más frecuente y generalizado la contaminación directa o indirecta, por excrementos de origen animal o humano. Los microorganismos o

grupos de microorganismos usados como indicadores fueron :

- Mesófilos aeróbicos
- Coliformes totales
- Streptococos fecales
- *Escherichia coli*
- *Pseudomonas aeruginosa*

Este trabajo es un primer estudio de situación y pretendió realizar una primera aproximación sobre la situación actual en la ciudad de Rosario. Analizando los niveles de desinfectante residual presente en los SAAP, y posteriormente microbiológicamente el agua en reservorios con niveles bajos de desinfectante residual, con un buen y malo estado de mantenimiento y conservación del tanque. Para valorar conjuntamente la casi ausencia de desinfectante residual combinado con tanques con deficiencias en su estado; a fin de poder valorar su influencia en los resultados obtenidos, para valorar su gestión y poder implementar-la.

METODOLOGIA

Ámbito de estudio

El trabajo se realizó en la región metropolitana de la ciudad de Rosario provincia de Santa Fe en la República de la Argentina. Rosario esta ubicada en el centro-este argentino a orillas del rio Paraná, siendo la tercera ciudad más poblada de la República de la

Argentina con aproximadamente 948.312 habitantes y 1.193.697 habitantes en el conjunto de la región metropolitana, en una extensión de 178, 69 Km².

Selección de los puntos de muestreo

Debido a las diferentes tipologías de edificios y reservorios existentes en Rosario, se seleccionaron un total de 50 reservorios o puntos de muestreo, procedentes tanto de centros educativos universitarios, secundarios públicos y privados, y domicilios particulares. Fueron muestreados cuatro tipologías de reservorios mas antiguos fabricados en obra y de fibrocemento, a metálicos y de resina poliéster insaturada reforzada con fibra de vidrio (P.R.F.V) de instalación reciente.

Obtención y tratamiento de los datos

Se llevaron a cabo dos fases de muestreo, la primera correspondiente a la recogida de muestras para su posterior determinación del Cloro Libre Residual (Cl LR), y una segunda una vez conocidos los resultados de Cl LR para la toma de muestras para el análisis microbiológico.

En la primera fase los días 27/11/2014, 28/11/2014, 01/12/2014 y 02/12/2014 se recolectaron cincuenta muestras, procedentes de bloques de edificios, casas unifamiliares, centros educativos

universitarios y secundarios, y también de un centro de salud. La recolección de las muestras, las cuales fueron preservadas de la luz solar durante su traslado hasta el laboratorio, fue efectuada conjuntamente con docentes colaboradores de la Facultad de Odontología de Rosario (F.O.R.). Su determinación la efectué con la colaboración de la docente Graciela Adalid, en el laboratorio de la unidad de bioquímica de la F.O.R..

La segunda fase correspondiente a la toma de muestras para su análisis microbiológico, se efectuó una vez conocidos los resultados de los niveles de Cl LR (tabla 1) y discutidos. Fueron seleccionados diez tanques de los cuarenta y seis que presentaron valores por debajo de 0,2 mg/l Cl LR, el cual es el nivel mínimo que debe contener el agua en el sistema de distribución según las disposiciones de la Ley 18284 del Código Alimentario Argentino (C.A.A.), aunque también establezca la no obligatoriedad de presencia de desinfectante residual una vez almacenada en los reservorios domiciliarios.

A fin de agilizar al máximo la toma de muestras microbiológicas, ya que el tiempo de traslado al laboratorio es un factor clave, la mañana del 12/12/2014 la recolección se efectuó por dos grupos. Las muestra fueron

refrigeradas y preservadas de la luz solar desde su toma hasta su entrega al “Laboratorio de Análisis Clínicos y Microbiológicos Dra. Rosa M. Lo Pilato”. Los reservorios seleccionados correspondieron a centros educativos secundarios Escuelas N° 632 Gabriel Carrasco, N° 8043 Ing. Pedro J. Cristiá y la Escuela Técnica N° 463 Gregoria Matorras de San Martín, y también de unidades académicas universitarias pertenecientes a la Universidad Nacional de Rosario : Facultad de Psicología, Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas, Escuela Superior de Comercio, Facultad de Derecho, Facultad de Odontología y Escuela de Enfermería.

Determinación del Cl LR

Para su análisis se usó un kit de reactivos AQAssay de GT Laboratorio s.r.l.. El fundamento del método se basa en que la ortotolidina en presencia de cloro genera un color amarillo, cuya intensidad de color medida fotométricamente a 410nm es proporcional a la concentración de Cl en la muestra de agua. El arsenito de sodio permite evitar las interferencias generadas por iones Fe^{+++} , Mn^{6+} y NO_2^- , y diferenciar el cloro libre del combinado basada en la propiedad de reacción más lenta de las formas combinadas de cloro. El límite de

detección en las condiciones de ensayo, la sensibilidad es de aproximadamente 0,05mg/l y el límite de detección superior es de 5mg/l.

Determinaciones microbiológicas

Análisis efectuados por el Laboratorio de Análisis Clínicos y Microbiológicos Dra. Rosa M. Lo Pilato. Composiciones de los medios de cultivo en ANNEXO 1.

-Mesófilos aeróbicos

En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 22°C en 96 Hs y a 37°C en 48Hs, el recuento estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. El método usado fue el recuento en placa utilizando Agar Merck, sembrando 1ml de diluciones seriadas decimales en placas y realizando su posterior recuento.

-Coliformes totales

El grupo coliformes definido como todas la bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermenta la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO_2), aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de B-galactosidasa. Entre ellos se encuentran los diferentes grupos

Escherichia, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Klebsiella* (Hayes, 1993).

Como prueba presuntiva para investigar la presencia de bacterias del grupo coliforme en agua se utiliza Caldo Lactosado, la determinación del número más probable (NMP) se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de $44,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ en un periodo de 24 a 48 Hs.

-*Streptococos* fecales

Son bacterias integrantes de la flora normal de los animales homeotérmicos, pertenecientes a los géneros *Enterococcus* y *Streptococcus*, todos pertenecen al grupo D de Lancefiel, por ser su hábitat normal el tubo digestivo de animales de sangre caliente.

Para su búsqueda primeramente se sembró 100 ml de agua en 100ml de Caldo Mc Conkey y del crecimiento obtenido se comprueba su presencia en una siembra en medio Azida Glucosa, el cual inhibe el desarrollo de *Escherichia coli*.

-*Escherichia coli*

Coliformes capaces de producir indol a partir de triptófano, en 21 ± 3 h a $44 \pm 0,5^\circ\text{C}$; poseen la enzima B-Galactosidasa, que reacciona positivamente en el ensayo del rojo de metilo y pueden descarboxilar el ácido L- Glútmico, pero no son capaces de utilizar citrato como única fuente de carbono o de crecer en un caldo con cianuro de potasio (KCN) (Millipore, 2005).

Para su determinación primero se sembró 100 ml de agua en 100 ml de Caldo Mc Conkey y del crecimiento obtenido se comprueba su presencia en agar EMB.

Pseudomonas aeruginosa

Es un bacilo gramnegativo aerobio con un flagelo polar, común en el medio ambiente pudiendo proliferar en medios acuáticos, así como en materias orgánicas propicias en contacto con el agua. Capaz de crecer a temperaturas de $42-44^\circ\text{C}$, para su detección se realizó la búsqueda sembrando 100 ml de agua en 100 ml de Caldo Mc Conkey y del crecimiento obtenido se comprobó su presencia con una siembra en Agar Cetrimida, donde el crecimiento de colonias amarillo

verdoso – azulado indica la presencia de *Pseudomonas*.

RESULTADOS

Determinación del Cl LR

Los resultados obtenidos mostrados en la tabla 1 del ANNEXO 2, fueron clasificados en tres grupos según los siguientes criterios:

- Dentro del mínimo establecido de 0,2mg/l, por el Código Alimentario Argentino
- ◆ Dentro del límite de detección del método. (5 mg/l a 0,05 mg/l)
- Por debajo del límite de detección (0,05mg/l)
 - * Los resultados de dos muestras fueron descartados.

De las cincuenta muestra analizadas sólo un 8% del total, cuatro muestras se encontraron con niveles superiores a 0,2mg/l de Cl LR, el cual es el mínimo establecido por el C.A.A., presentando un valor medio de 0,238 mg/l Cl LR. El grupo formado por las muestras que se encuentran dentro del límite de detección del método, representaron un 30% del total, 15 muestras presentan valores comprendidos entre 0,194 i 0,051 mg/l Cl LR. El tercer grupo

formado por el 58% de las muestras, donde 29 se encontraron por debajo del límite de detección del método usado para la determinación del Cloro Libre Residual.

Los resultados dan a conocer el bajo valor en cloro presente en los reservorios analizados, encontrándose un 92% de las muestras analizadas con valores inferiores a 0,2mg/l de Cl LR.

Determinaciones microbiológicas

En la tabla 2 del ANNEXO 3 están representados los resultados obtenidos por el Laboratorio de Análisis Clínicos y Microbiológicos Dra. Rosa M. Lo Pilato. El primer dato a destacar es que el 50% de las muestras fue catalogada como no apta para el consumo humano debido a la presencia de contaminación microbiológica de origen fecal.

De los cinco reservorios con presencia de microorganismos patógenos, tres tienen presencia de *Streptococos* fecales y *Escherichia coli* conjuntamente, y dos muestras sólo tienen presencia de *E. coli*. Estas mismas muestras presentan altos valores de recuento de Coliformes totales y Mesófilos aerobios, encontrándose resultados por encima de los límites establecidos por el C.A.A. de hasta 3 NMP/100ml y 500 UFC/ml respectivamente.

DISCUSIÓN

Niveles de cloro en la zona de estudio

La contaminación del agua potable se da en los sistemas de distribución y almacenamiento, por ello garantizar unos niveles de cloro los cuales confieran al agua una vez almacenada poder de desinfección delante de posibles perturbaciones de la misma, es crucial.

Cuatro tanques de los cincuenta analizados para la selección de los puntos de muestreo microbiológicos, se encontraron dentro del límite de 0,2mg/l Cl LR establecido por las disposiciones de la Ley 18284 del C.A.A. sobre aguas; el cual estipula el límite para el agua en circulación por la red de distribución. Una vez el agua es almacenada en el reservorio domiciliario, según lo estipulado no es obligatorio la presencia de cloro activo.

Aún que la Ley 18284, establezca la no obligatoriedad de presencia de desinfectante residual, garantizar un nivel de desinfectante residual óptimo tanto en el reservorio es de vital

importancia para que esta tenga aún poder de desinfección una vez se encuentra almacenada en el reservorio, de uso continuo.

Durante la recolección de las muestras se observaron deficiencias en el estado y mantenimiento de los tanques, factores como la corrosión de algunos elementos internos, ausencia de tapa adecuada la cual evite el ingreso de partículas y objetos, encontrándose también con paredes internas sucias y acumulación de sedimentos en el fondo. Estas situaciones permiten que el cloro libre residual reaccione con la materia orgánica y favorezca la pérdida de Cl LR por consumo, la ausencia de tapa además de no proteger de la entrada de objetos extraños, en algunos de los tanques observados provoca la evaporación por acción de los rayos solares, haciendo que el agua quede sin poder de desinfección.

Las fotografías del ANNEXO 4, las cuales fueron tomadas durante la ejecución del proyecto muestran las diferentes situaciones anteriormente descritas.

Parámetros microbiológicos

Los análisis mostraron unos niveles alarmantes en la mitad de las muestras, calificando el agua como no apta para el consumo humano; hallando niveles altísimos de Mesófilos Aerobios, Coliformes totales y presencia de *Streptococo fecales* y *E. coli*. La problemática principal se basa en su presencia por encima de los valores establecidos y detección en el agua de consumo, ya que una buena calidad del agua radica en su ausencia.

No todos los indicadores usados tienen la misma problemática asociada y son de igual importancia para la salud pública el patógeno encontrado y catalogado como agente de alto interés, al presentar un serio riesgo de enfermedad cada vez que esta presente en el agua potable es el *E. coli* detectada en cinco de los diez tanques muestreados.

Reservorios muestreados

Durante la recolección de las muestras se constataron diversas observaciones de estado de los tanques mostradas en el ANNEXO 4.

En las fotografías se muestran diferentes situaciones encontradas, en estos reservorios los resultados

microbiológicos obtenidos reflejaron una mala calidad del agua para el consumo humano catalogándola como no apta.

Las situaciones encontradas son agravantes y pueden tener relación directa con los resultados. La presencia de corrosión favorece la colonización de microorganismos (Galarraja,1984), así como la ausencia de tapa adecuada, así como la acumulación de sedimentos en el fondo y paredes internas sucias con adherencias laterales.

Estos hechos permiten que el cloro libre residual reaccione con la materia orgánica y favorezca la pérdida de cloro libre residual por consumo, esto sumado a la acción de los rayos solares en los tanques que se hallaron en ausencia de tapa, hace que el agua quede sin poder de desinfección delante de una posible contaminación microbiológica.

Problemática asociada de los microorganismos encontrados en la zona de estudio

-Mesófilos aeróbicos

El recuento es un reflejo de la calidad sanitaria del agua potable, pero se ha de tener en cuenta que un recuento bajo no implica o no asegura la

ausencia de patógenos o sus toxinas, de la misma manera que si realiza un recuento elevado no significa la presencia de flora patógena.

Institución	Mesófilos aerobios	
	22 °C- 96Hs	37 °C- 48Hs
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	2.700 UFC/ml	1.800 UFC/ml
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	150.000 UFC/ml	190.00 0 UFC/ml
Escuela Superior de Comercio U.N.R.	2.800 UFC/ml	2.500 UFC/ml
Facultad de Derecho U.N.R.	2.900 UFC/ml	3.800 UFC/ml
Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín	3.800 UFC/ml	4.400 UFC/ml

Tabla 3 Resultados Mesófilos aeróbicos

-Coliformes totales

Este grupo de microorganismos son los mejores indicadores de higiene en aguas, la presencia de estos indica la existencia de contaminación de origen fecal humano o animal. Dos de los resultados de la tabla 2 destacan enormemente sobre el resto, siendo los 210.000 y los 15.000 NMP/100ml del tanque metálico de la Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas de la U.N.R., y la Escuela Técnica Nº463 Gregoria Matorras de San Martín, respectivamente.

Institución	Coliformes totales
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	2.100 NMP/100ml
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	210.000 NMP/100ml
Escuela Superior de Comercio U.N.R.	150 NMP/ 100ml
Facultad de Derecho U.N.R.	280 NMP/ 100ml
Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín	15.000 NMP/100ml

Tabla 4 Resultados Coliformes totales

Estreptococos fecales

Tres de los SAAP analizados dieron positivo, la relevancia de su presencia radica que es un indicio de contaminación fecal, la mayoría de las especies no proliferan en medios acuáticos y son inocuas, pero existen algunas que son intrínsecamente patógenas.

Institución	Estreptococo fecales
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	Contiene
Facultad de Derecho U.N.R.	Contiene
Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín	Contiene

Tabla 5 Reservorios con presencia de Estreptococos fecales

-*Escherichia coli*

Hallándose en el 50% de los reservorios muestreados, reflejando clara presencia de contaminación de origen fecal y además una muy pobre calidad del agua potable, ya que una buena calidad del agua se basa en su ausencia en el sistema. La mayoría de cepas no son patógenas, sin embargo, distintos subtipos son capaces de causar enfermedades gastrointestinales de distinta consideración.

Institución	<i>E. coli</i>
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	Contiene
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	Contiene
Escuela Superior de Comercio U.N.R.	Contiene
Facultad de Derecho U.N.R.	Contiene
Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín	Contiene

Tabla 6 Reservorios con presencia de *Escherichia coli*

CONCLUSIONES

Este trabajo es un primer estudio de situación y pretendió realizar una primera aproximación a la situación de la calidad microbiológica del agua actual en los SAAP en la ciudad de Rosario.

Los datos obtenidos en la realización del estudio demuestran que existe una problemática asociada a la calidad microbiológica de las aguas potables. Los valores reflejan unos niveles

alarmantes y certifican la contaminación de origen fecal en el 50% de los reservorios analizados microbiológicamente.

También muestran la necesidad de garantizar y controlar, además de establecer un valor de referencia legislado para el mínimo de cloro libre residual que debe contener un reservorio de agua domiciliario. Es por ello necesario elaborar unas medidas de gestión y información para los usuarios a fin de que dispongan del mayor conocimiento posible y realicen un correcto mantenimiento de los reservorios. Ya que el poco mantenimiento y limpieza encontrado en reservorios muestreados, así como el estancamiento del agua en los mismos, puede ser uno de los factores del consumo total del desinfectante residual y en ocasiones, inducir a recontaminaciones del agua con proliferaciones de algunos microorganismos.

Se constató la gran influencia que tienen el estado de mantenimiento y conservación con los resultados obtenidos posteriormente, reflejando que los tanques con incidencias en su estado de mantenimiento obtuvieron los peores resultados de calidad microbiológica.

Aún así con los datos recapitulados en la elaboración del estudio es imposible conocer la procedencia y origen de la contaminación microbiológica presente en los diferentes SAAP.

Puede que sea un hecho excepcional haber encontrado unos valores tan elevados tanto en el recuento de Mesófilos aerobios como de coliformes totales, así como la presencia de *E. coli* y *Escherichia coli* fecales, por consiguiente sería conveniente, una vez lavados y descontaminados los tanques realizar un nuevo análisis y un monitoreo y lavado continuo en el tiempo a fin de garantizar al máximo la calidad microbiológica del agua de consumo.

Des del punto de vista epidemiológico la *E. coli* presente en cinco de los diez reservorios muestreados, es la que supone una mayor amenaza. La transmisión de cepas patógenas por medio del agua de consumo esta bien documentada y supone un factor de alto riesgo para el consumidor.

A fin de mejorar y indagar más profundamente en la problemática encontrada, se proponen una serie de medidas de gestión, para llegar a conocer los causantes y agravantes de dicha situación, así poder enfrentarse con el mayor conocimiento y los recursos posibles a dicha problemática

detectada en la calidad microbiológica del agua potable.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer especialmente por el tutelaje recibido por el Dr. Martí Boada desde Barcelona y muy especialmente a la Dra. Hermida Lucena durante mi estancia en Rosario por su tiempo y dedicación. A los docentes de la Facultad de Odontología de Rosario por su colaboración y ayuda Ana Silvia, Elisandro García, Graciela Aldaid, Geraldina García, Júlia Uriburo, Karina Molinas, Luís Campra, Marcos Salvai y Yamila Azcura. A la unidad de profesores del treball de fi de grau de la UAB. Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la U.N.R y la F.O.R..

Referencias.

- AINSWORTH, R. (2004) Safe piped water: managing microbial water quality in piped distribution systems. WHO.
- GALARRAGA, E. (1984) Algunos Aspectos relacionados con microorganismos en agua potable. Revista Politécnica de información técnica científica. p. 135-143.
- MARIN, R. (2003) Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. Tratamiento y control de calidad de aguas. Madrid. Ed. Díaz de Santos S.A.

MILLIPORE (2005) Análisis Microbiológicos, Madrid

TORRES, Y., (1991) Resistencia de Pseudomona aeruginosa al Cloro libre residual. Revista AINSA. 11(1): 21-25

WHO (2006) Guías para la calidad del agua potable.

ANNEXO 1 Composiciones medios de cultivo

Agar Merck

Peptona de caseína (Tryptone): 5,0 g
Extracto de levadura: 2,5 g
Glucosa: 1,0 g
Agar agar: 14,0 g
pH final $7,0 \pm 0,2$ a 25°C
Se disuelve 22,5 g en 1000 ml de agua destilada.

Medio Azida glucosa

Tripteina: 15 g
Extracto de carne: 4,8 g
Glucosa 7,5 g
Cloruro de sodio 7,5 g
Azida sódica 0,2 g
pH final $7,2 \pm 0,2$ a 25°C
Se disuelve 35 g en 1000 ml de agua destilada.

Caldo Lactosado

Extracto de carne: 3,0 g
Peptona: 5,0 g
Lactosa: 5,0 g
pH final $6,9 \pm 0,2$ a 25°C
Se disuelve 13 g. en 1000 ml de agua destilada.

Agar EMB

Peptona: 10 g
Lactosa: 5,0 g
Sacarosa: 5,0 g
Fosfato dipotásico: 2,0 g
Agar 13,5 g
Eosina 0,4 g
Azul de metileno 0,065 g
pH final $7,2 \pm 0,2$ a 25°C
Se disuelve 36 g en 1000 ml de agua destilada.

Caldo Mc Conckey

Peptona de gelatina: 2 g
Lactosa 1,0 g
Púrpura de Bromocresol: 0,001 g
Bilis de buey 0,5 g
pH final $7,3 \pm 0,2$ a 25°C
Se disuelve 35 g en 1000 ml de agua destilada.

Agar Cetrimida

Peptona de gelatina: 20 g
Cloruro de magnesio: 1,4 g
Sulfato de potasio: 10 g
Cetrimida: 0,3 g
Agar: 13,6 g
pH final $7,2 \pm 0,2$ a 25°C
Se disuelve 45,3 g en 1000 ml de agua destilada.

ANNEXO 2 Resultados determinaciones de cloro

	Puntos de muestreo	Cl LR mg/l
□	Escuela de Música	0,250
□	Facultad de Arquitectura U.N.R	0,246
□	Ciencias Políticas, P. Baja Este	0,244
□	I.M.A.E.	0,212
◆	Rueda 2023	0,194
◆	Moreno 2903	0,180
◆	Facultad Ingeniería U.N.R	0,178
◆	Obra social de la U.N.R	0,098
◆	Boulevard Oroño 1182	0,085
◆	Psje. 1346, n2015	0,079
◆	JC Paz 657	0,077
◆	Psje. 1373, n1843	0,076
◆	Facultad Psicología U.N.R. (sin tapa)	0,071
◆	Instituto Politécnico Superior	0,069
◆	Facultad de Derecho U.N.R.	0,064
◆	Giraldo 2086	0,063
◆	Moreno 2917	0,059
◆	Av. Trabajadores 1129 (sin tapa)	0,055
◆	JC Paz 644	0,051
●	Cavia 1873	0,048
●	Colegio Misericordia Rosario	0,046
●	Gutenberg 1220	0,042
●	Fc Miranda 4190 1r piso	0,042
●	Galicia 480	0,039
●	Vietes 570	0,035

●	Ps Caccia 4200	0,035
●	Ricchieri 673	0,031
●	Moreno 2917	0,029
●	Facultad Psicología U.N.R.	0,027
●	Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R. (Cemento)	0,026
●	Escuela de Enfermería U.N.R.	0,026
●	Facultad Odontología Rosario	0,026
●	Escuela N°309 Ovidio Lagos	0,024
●	Iturraspe 3835	0,022
●	JC Paz 674	0,020
●	Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R. (metálico y sin tapa)	0,020
●	Santa fe 2326	0,019
●	Cavia 1805	0,016
●	Virasoro 2413	0,013
●	Escuela N°6347 San José de Calasanz	0,011
●	Escuela N° 632 Gabriel Carrasco	0,009
●	Escuela Técnica N° 463 Gregoria Matorras de San Martín	0,009
●	Escuela N°8043 Ing. Pedro J. Cristiá	0,007
●	Mendoza 4711	0,005
●	Virasoro 2423	0,004
●	Escuela Superior de Comercio U.N.R.	0,004
●	Facultad de Derecho U.N.R (sin tapa)	0,002
●	Facultad de Ciencias Políticas U.N.R., P.Baja Oeste	0,000

Tabla 1 Resultados CI LR

- Dentro del mínimo establecido de 2mg/l, por el Código Alimentario Argentino
 - ◆ Dentro del límite de detección del método. (5 mg/l a 0,05 mg/l)
 - Por debajo del límite de detección (0,05mg/l)
- * Los resultados de dos muestras fueron descartados.

ANNEXO 3 Resultados microbiológicos

Institución	Observaciones reservorio	Mesófilos aerobios		Coliformes totales	Estreptococo fecales	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Interpretación	
		22 °C- 96Hs	37 °C- 48Hs						
Facultad de Psicología U.N.R.	-Mat. plástico -Instalación reciente -Con tapa	73 UFC/ml	61 UFC/ml	Menos de 3	No contiene	No contiene	No contiene	Agua apta para el consumo humano según estudio realizado.	
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	-Mat. cemento -Sedimentos en el fondo. -Tapa de acceso lateral metálica con mucho óxido	2.700 UFC/ml	1.800 UFC/ml	2.100 NMP/100ml	Contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.	
Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas U.N.R.	-Mat. Metálico - Sin tapa -Sedimentos en el fondo y adherencias laterales	150.000 UFC/ml	190.000 UFC/ml	210.000 NMP/100ml	No contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.	
Escuela Superior de Comercio U.N.R.	-Mat. cemento -Instalación añosa.	2.800 UFC/ml	2.500 UFC/ml	150 NMP/ 100ml	No contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.	
Facultad de Derecho U.N.R.	-Mat. Fibrocemento -Tapa rota depositada en el fondo. -Presencia de larvas de insectos	2.900 UFC/ml	3.800 UFC/ml	280 NMP/ 100ml	Contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.	
Escuela de Enfermería U.N.R.	Mat. plástico -Instalación reciente -Con tapa	83 UFC/ml	71 UFC/ml	Menos de 3 NMP/100ml	No contiene	No contiene	No contiene	Agua apta para el consumo humano según estudio realizado.	
Facultad de Odontología	-Mat. Cemento -Buen estado conservación	15 UFC/ml	23 UFC/ml	Menos de 3 NMP/100ml	No contiene	No contiene	No contiene	Agua apta para el consumo humano según estudio realizado.	
Escuela Nº 632 Gabriel Carrasco	-Mat. fibrocemento -Buen estado de conservación	58 UFC/ml	55 UFC/ml	Menos de 3 NMP/100ml	No contiene	No contiene	No contiene	Agua apta para el consumo humano según estudio realizado.	
Escuela Técnica Nº 463 Gregoria Matorras de San Martín	-Mat. Fibrocemento -Fisura en la tapa	3.800 UFC/ml	4.400 UFC/ml	15.000 NMP/100ml	Contiene	Contiene	No contiene	No apta para el consumo humano según estudio realizado.	

Tabla 2 Resultados microbiológicos

ANNEXO 4 Imágenes SAAP muestreados

- La presencia de sedimentos en el fondo y adherencias laterales de los tanques.



Imagen correspondiente al reservorio de fibrocemento situado en la Facultad de Derecho, donde se puede observar la acumulación de sedimentos en el fondo del mismo así como la evidente ausencia de tapa, hallándose la misma en el fondo del tanque.

- Ausencia o fisura en la tapa.



Imagen del tanque de la Escuela Técnica N° 463 Gregoria Matorras de San Martín, en ella se observa

la fisura que presenta la tapa superior del tanque de fibrocemento.



Imagen de los tanques metálicos de la Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas, donde el tanque derecho esta desprovisto de tapa.

- Óxido debido a la corrosión de elementos internos.



Imagen del interior tanque de obra perteneciente a la Facultad de Ciencias Económicas y Estadísticas de la U.N.R., donde se observa la corrosión presente en una de las escotillas laterales del tanque.